

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.

## Brake cylinder pressure determination in braking system

Patent Number: DE19737779

Publication date: 1999-03-04

Inventor(s): BUSCHMANN GUNTHER (DE); GRONAU RALPH (DE)

Applicant(s): ITT MFG ENTERPRISES INC (US)

Requested Patent:  DE19737779

Application Number: DE19971037779 19970829

Priority Number(s): DE19971037779 19970829

IPC Classification: B60T13/12; B60T8/22; B60T8/28; B60T8/44; B60T8/50; B60T8/60

EC Classification: B60T8/00B4, B60T8/32, B60T8/32D14D, B60T8/58, B60T13/68C

Equivalents:

### Abstract

The method includes the steps of determining a pressure in a generator arrangement which provides a hydraulic fluid under pressure, and determining a brake cylinder pressure of a braking system with respect to the determined generator pressure and drive signals for the influence of the pressure in the brake cylinder. The pressure in the generator arrangement is preferably taken as initial value for the brake cylinder pressure.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

(12) **Offenlegungsschrift**  
(10) **DE 197 37 779 A 1**

(5) Int. Cl. 6:  
**B 60 T 13/12**  
B 60 T 8/22  
B 60 T 8/28  
B 60 T 8/44  
B 60 T 8/50  
B 60 T 8/60

(21) Aktenzeichen: 197 37 779.3  
(22) Anmeldetag: 29. 8. 97  
(43) Offenlegungstag: 4. 3. 99

**DE 197 37 779 A 1**

(71) Anmelder:  
ITT Mfg. Enterprises, Inc., Wilmington, Del., US  
(74) Vertreter:  
Blum, K., Dipl.-Ing., Pat.-Ass., 65779 Kelkheim

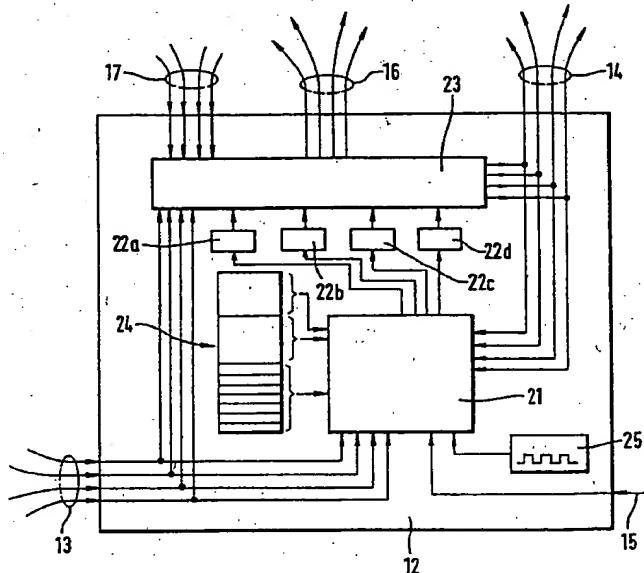
(72) Erfinder:  
Buschmann, Gunther, 65510 Idstein, DE; Gronau, Ralph, 35083 Wetter, DE  
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 40 28 290 C1  
DE 38 33 211 C2  
DE 35 00 745 C2  
DE 44 42 326 A1  
DE 43 40 921 A1  
DE 43 38 065 A1  
DE 43 17 050 A1  
DE 42 08 581 A1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Verfahren und Vorrichtung zum Ermitteln des Bremszylinderdruckes

(57) Ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Ermitteln des Bremszylinderdrucks ( $p_Z$ ) in einem Bremszylinder (8) einer Bremsanlage, die mit einer Druckaufbaueinrichtung (1) versehen ist, die den Bremszylinder (8) mit unter Druck stehendem Hydraulikfluid versorgt, wobei der Druck im Bremszylinder (8) durch Ansteuersignale (14) beeinflusst werden kann, umfassend Ermitteln des Drucks ( $p_A$ ) in der Druckaufbaueinrichtung (1), und Ermitteln des Drucks ( $p_Z$ ) im Bremszylinder (8) Bezug nehmend auf den Druck ( $p_A$ ) in der Druckaufbaueinrichtung (1) und auf die Ansteuersignale (14) zur Beeinflussung des Drucks im Bremszylinder.



**DE 197 37 779 A 1**

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft Verfahren und Vorrichtungen zum Ermitteln des Bremsdrucks, zum Ermitteln des Reibwerts sowie zur Bremsassistenz gemäß den Oberbegriffen der unabhängigen Ansprüche.

Nachfolgend wird ein Bremssystem beschrieben, in dem die erfindungsgemäßen Verfahren und Vorrichtungen angewendet werden können. Bezug genommen wird dabei auf Fig. 1, die ein solches Bremssystem zeigt.

In Fig. 1 bezeichnet 4 ein Bremspedal, das auf einen Bremskraftverstärker ("Booster") einwirkt. 1 bezeichnet eine Druckaufbaueinrichtung. Üblicherweise handelt es sich hier um einen Tandemhauptzylinder, der zwei getrennte Kreise jeweils mit unter Druck stehendem Hydraulikfluid versorgt. Der Druck ist dabei im wesentlichen proportional zum Betätigungsgrad des Bremspedals 4. Bezugsziffer 2 bezeichnet einen Ausgleichsbehälter für Hydraulikfluid. Über Zuleitungen 5 wird Hydraulikfluid einem Bremszylinder 8 einer Bremse eines Rads 9 (8 und 9 nur schematisch dargestellt) zugeführt. Fig. 1 zeigt ein zweikreisiges System mit insgesamt vier Rädern 9 und vier Bremsen 8, wobei jeweils zwei Bremsen durch den einen Abschnitt des Tandemhauptzylinders und die zwei anderen Bremsen durch den anderen Abschnitt des Tandemhauptzylinders mit unter Druck stehendem Hydraulikfluid versorgt werden. Jedem Bremszylinder 8 sind Ventile 7a, b zugeordnet, mittels derer nach Maßgabe von Ansteuersignalen 14 der Druck im Bremszylinder 8 beeinflußt werden kann. Die Ventile 7a, b enthalten gegebenenfalls getrennt arbeitende Ventile zum einen in der Zuleitung 5 und zum anderen in der Ableitung 6. Ventil 7a ist ein Auslaßventil, durch dessen Öffnen der Druck im Bremszylinder 8 abgesenkt werden kann. Ventil 7b ist ein Einlaßventil, durch dessen Öffnen der Druck im Bremszylinder 8 erhöht werden kann (sofern er unter dem Druck in der Druckaufbaueinrichtung liegt) bzw. durch dessen Schließen eine weitere Druckerhöhung verhindert werden kann. Auslaßventil 7a und Einlaßventil 7b können unabhängig voneinander arbeiten und können unabhängige Ansteuersignale 14 empfangen. 10 ist eine Erfassungseinrichtung zur Erfassung der Drehung eines Rades. Jedes Rad 9 eines Fahrzeugs kann eine eigene Erfassungseinrichtung 10 haben. Die Erfassungseinrichtung 10 erzeugt Signale 13, die einer Steuerung 12 zugeführt werden. 11 bezeichnet eine Erfassungseinrichtung zur Erfassung des Drucks in der Druckaufbaueinrichtung. Sie erzeugt ein Signal 15, das ebenfalls der Steuerung 12 zugeführt wird. Nach Maßgabe der Signale 13 und 15 sowie gegebenenfalls weiterer, nicht gezeigter Signale führt die Steuerung 12 bekannte Funktionen durch wie etwa ABS, Bremsassistenz oder ähnliches. Über die Ansteuersignale 14 wird gemäß diesen Funktionen das Bremsverhalten der einzelnen Räder beeinflußt.

Ein Nachteil der bisherigen Verfahren und Vorrichtungen ist es, daß der Druck in den einzelnen Bremszylindern nicht immer bekannt ist. Üblicherweise kann zwar davon ausgegangen werden, daß der durch die Erfassungseinrichtung 11 erfaßte Druck in der Druckaufbaueinrichtung 1 gleich dem Druck im Bremszylinder 8 ist. Dies gilt jedoch nur solange, solange der Druck nicht durch Eingriff der Steuerung 12 mittels der Ventile 7 modifiziert wird. Ist letzteres der Fall, kann der Druck im Bremszylinder 8 niedriger sein als in der Druckaufbaueinrichtung 1. Die dann auftretenden Drücke sind bisher nicht bekannt, und daraus ergeben sich verschiedene Nachteile. Durch unterschiedliche Bremsdrücke können sich unterschiedliche Bremskräfte an linken bzw. rechten Rädern und damit Giermomente (Drehmoment um die Hochachse des Fahrzeugs) aufbauen. Dadurch verschlechtert sich die Fahrstabilität. Außerdem sind Bremsassistenz-

funktionen möglicherweise nicht optimal an die schon herrschenden Verhältnisse angepaßt.

Aufgabe der Erfindung ist es, Verfahren und Vorrichtungen zur Bremsdruckermittlung, zur Reibwertermittlung und zur Bremsassistenz anzugeben, mit denen der Druck im Bremszylinder zumindest eines Rades auf einfache Weise und insbesondere ohne individuelle Drucksensoren an den Bremszylindern ermittelt werden kann.

Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst. Abhängige Ansprüche sind auf bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung gerichtet.

Nachfolgend werden einzelne Ausführungsformen der Erfindung bezugnehmend auf die Zeichnungen beschrieben, es zeigen

Fig. 1 ein Bremssystem, in dem die erfindungsgemäßen Verfahren und Vorrichtungen angewendet werden können,  
Fig. 2 ein Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Ausführungsform,

Fig. 3 eine schematische Darstellung der einzelnen Funktionen der Erfindung, und  
Fig. 4 ein Beispiel eines Kennfeldes.

Fig. 1 zeigt ein Bremssystem, in dem die Erfindung angewendet werden kann. Da es schon eingingen erläutert wurde, wird Fig. 1 hier nicht nochmals beschrieben.

Der Druck  $p_z$  in einem Bremszylinder wird ermittelt, indem auf den Druck  $p_A$  in der Druckaufbaueinrichtung 1 sowie auf die Ansteuersignale 14 für die Ventile 7 Bezug genommen wird. Unter "Druck" wird dabei jeweils der Druck verstanden, unter dem das Hydraulikfluid einerseits im Bremszylinder 8 und andererseits in der Druckaufbaueinrichtung 1 steht. Letzterer kann durch eine Erfassungseinrichtung 11, vorzugsweise einen Drucksensor, der an der Druckaufbaueinrichtung 1 (z. B. dem Tandem-Hauptzylinder) angebracht ist, gemessen werden:

Das Verfahren wird vorzugsweise dann durchgeführt, wenn der Druck  $p_z$  im Bremszylinder 8, veranlaßt durch die Steuerungseinrichtung 12, die Signale 14 und die Ventile 7, im Vergleich zum Druck  $p_A$  in der Druckaufbaueinrichtung 1 modifiziert wird. Diese Modifikation kann z. B. die Folge eines ABS-Regelungsvorgangs sein.

Vorzugsweise wird zu Beginn des Verfahrens, also beispielsweise zu Beginn des Eingreifens des ABS, der Druck  $p_A$  in der Druckaufbaueinrichtung 1 als Anfangswert für den Druck  $p_z$  im Bremszylinder 8 genommen und dann im Verlauf des weiteren Verfahrens modifiziert bzw. extrapoliert bzw. fortgerechnet. Diese Wahl des Anfangswerts ist zulässig, da Bremszylinderdruck  $p_z$  und Druck  $p_A$  in der Druckaufbaueinrichtung 1 vor Eingreifen von beispielsweise ABS oder Bremsassistenten gleich sind. Erst nach deren Eingreifen divergieren  $p_A$  und  $p_z$ .

Vorzugsweise werden die Bremsdrücke  $p_z$  in mehreren bzw. allen Bremszylindern 8 eines Fahrzeugs ermittelt. Dies geschieht dann individuell für die jeweils betrachteten Drücke  $p_z$  in den jeweiligen Bremszylindern 8 bezugnehmend auf die die jeweilige Bremse betreffenden Signale 14.

Bezugnehmend auf Fig. 2 werden nun weitere Ausgestaltungen der Erfindung beschrieben. Fig. 2 ist dabei nicht als Darstellung eines Hardware-Aufbaus zu verstehen, sondern als Wiedergabe verschiedener Funktionsblöcke, die in beliebiger Weise implementiert sein können.

Im wesentlichen zeigt Fig. 2 die schon in Fig. 1 zu sehende Steuerungseinrichtung 12. Wie schon in Fig. 1 gezeigt, empfängt die Steuerungseinrichtung 12 Signale 13, die von dem bzw. den Radsensoren 10 kommen, sowie ein Signal 15, das den Druck  $p_A$  in der Druckaufbaueinrichtung 1 darstellt. Daneben kann die Steuerungseinrichtung 12 weitere Signale 17 empfangen, beispielsweise Signale betreffend den Lenkwinkel oder den Lenkwinkelgradienten, die

Außentemperatur, Querbeschleunigung usw. Die Steuerungseinrichtung 12 erzeugt Ausgangssignale 14, die Ansteuersignale für die Ventile 7 der einzelnen Bremsen des Fahrzeugs sind, sowie gegebenenfalls weitere Ausgangssignale 16 für andere Funktionen der Fahrzeugsteuerung oder des Fahrzeugs selbst. Die bisher anhand Fig. 2 beschriebene Signalverarbeitung von Eingangssignalen 13, 15, 17 und Ausgangssignalen 14, 16 erfolgt in herkömmlicher Weise durch bekannte Verfahren wie ABS, Bremsassistent, usw. Diese sind durch Funktionsblock 23 symbolisiert.

Es gibt jedoch einen weiteren Funktionsblock 21, der den Druck  $p_z$  in einem, mehreren oder allen Bremszylindern 8 eines Fahrzeugs ermittelt. Diese Druckwerte  $p_z$  sind durch Kästchen 22a bis 22d symbolisiert. Die Kästchen können in einem realen Aufbau Registern in einem Speicher entsprechen. Die herkömmlichen Funktionen (symbolisiert durch Funktionsblock 23) können auf die so ermittelten Werte von  $p_z$  in den einzelnen Bremszylindern zugreifen und nach Maßgabe dieser Werte gegebenenfalls ihre Ausgangssignale 14 und 16 modifizieren. Insbesondere die Ansteuersignale 14 für die Ventile 7 der Bremsanlage können modifiziert werden.

Ein Verfahren zur Berechnung eines Bremszylinderdrucks  $p_z$  ist es, den gerade vorliegenden Wert von  $p_z$  über einen Druckgradienten zu modifizieren. Der Druckgradient kann ein fester, gespeicherter Wert sein, oder er kann ein Wert sein, der seinerseits wieder anhand herrschender Verhältnisse ermittelt wurde. Hierbei entspricht der Gradient G allgemein einem Wert  $G = \Delta p / \Delta t$ . Der Gradient kann nach Maßgabe eines Ansteuersignals 14 für das betrachtete Rad zur Fortschreibung des betrachteten Druckwerts  $p_z$  verwendet werden. Hierfür nimmt das Verfahren (symbolisiert durch Funktionsblock 21) Bezug auf die Ansteuersignale 14 für die Ventile. Dies ist durch die Verbindung der entsprechenden Signalleitungen von Funktionsblock 23 nach Funktionsblock 21 angedeutet. Die Fortschreibung eines einmal bekannten Zylinderdrucks  $p_z$  erfolgt demnach über die Formel

$$p_{zneu} = p_{zalt} + G \cdot \Delta t \text{ Druckaufbau} \quad (1)$$

$$p_{zneu} = p_{zalt} - G \cdot \Delta t \text{ Druckabbau}$$

wobei G der Druckgradient ist und  $\Delta t$  eine zur Zeit korrigierte Größe ist.  $\Delta t$  kann dabei die tatsächlich verstrichene Zeit seit der letzten Durchführung des Verfahrensschritts sein.  $\Delta t$  kann aber auch ein bewerteter Wert sein, in den die Amplitude und/oder Dauer einzelner Impulse des Ansteuersignals 14 für die Ventile 7 eingeht. Der Gradient G kann ein fester Wert sein, der beispielsweise in Registern 24 gespeichert sein kann. Er kann aber seinerseits ein Wert sein, der nach Maßgabe von Betriebszuständen und insbesondere herrschenden Druckverhältnissen bestimmt werden kann. Der Gradient G kann nach Maßgabe eines Ansteuersignals 14 für die Ventile 7 gewählt werden. Insbesondere kann nach Maßgabe der Ansteuersignale 14 wahlweise ein Druckaufbau- bzw. Druckabbaugradient gewählt werden.

Der Gradient kann im Laufe wiederholter Ausführungen der beschriebenen Verfahrensschritte beispielsweise so modifiziert werden, daß er entsprechend vorliegenden Druckdifferenzen modifiziert wird. Der Druckaufbaugradient kann demnach nach Maßgabe der Signale  $p_z$  und  $p_A$  und insbesondere nach Maßgabe deren Differenz modifiziert bzw. gewählt werden. Der Druckabbaugradient kann nach Maßgabe des Signals  $p_z$  modifiziert werden. Letzteres genügt, da der Druckabbau üblicherweise bei einem offenen System gegen den Atmosphärendruck (in geschlossenen Systemen gegen einen geringen Gegendruck), der (im Gegensatz zum Druck in der Druckaufbaueinrichtung 1) in guter Näherung

als konstant angesehen werden kann, erfolgt. In einem vereinfachten Verfahren kann der Gradient auch als konstant für die Dauer des Verfahrens angesehen werden.

Ein weiteres Verfahren zur Ermittlung des Drucks  $p_z$  in einem Bremszylinder 8 ist die Verwendung von Kennlinien, die beispielsweise auch in Registern bzw. Speichern 24 gespeichert sein können. Die Ansteuersignale 14 können dabei der Auswahl einer Kennlinie dienen (insbesondere der Auswahl einer Aufbau- bzw. Abbaukenmlinie) und/oder der Bestimmung des momentanen Arbeitspunkts auf der Kennlinie dienen.

Ein weiteres Verfahren kombiniert in gewisser Weise die obengenannten beiden Verfahren: Aus einer gespeicherten Kennlinie (oder einer Kennlinienschar) wird ein Gradient berechnet, der zur Fortschreibung des bereits ermittelten Zylinderdrucks  $p_z$  beispielsweise gemäß Formel (1) verwendet wird. Dieses Verfahren hat den Vorteil, daß weniger Variablen bei den zu speichernden Kennfeldern berücksichtigt werden müssen. Fig. 4 zeigt das Beispiel eines Kennfeldes, in dem qualitativ Drücke über der Zeit aufgetragen sind. Aus den Verläufen der einzelnen Kurven lassen sich momentan geltende Gradienten errechnen, die wie oben beschrieben zur Fortbildung eines bereits ermittelten Bremszylinderdrucks  $p_z$  verwendet werden können. Die einzelnen Kurven der Kennlinienschar können nach Maßgabe des Drucks  $p_A$  in der Druckaufbaueinrichtung 1 und/oder des Bremszylinderdruckes  $p_z$  ausgewählt werden. Die Positionen auf der Kennlinie können nach Maßgabe der Ansteuersignale 14 für die Ventile 7 ausgewählt werden. Die Bestimmung eines Gradienten G erfolgt dann gemäß den folgenden Gleichungen:

$$G = \Delta p / \Delta t \quad (2)$$

$$\Delta p = p_{n+1} - p_n \quad (3)$$

$$\Delta t = t_{n+1} - t_n \quad (4)$$

wobei die Werte  $P_n$ ,  $t_n$  bzw.  $P_{n+1}$ ,  $t_{n+1}$  zusammengehörige Wertepaare auf der ausgewählten Kennlinie sind.

Der bzw. die ermittelten Bremszylinderdrücke  $p_z$  werden bis zu ihrer jeweiligen Aktualisierung gespeichert, dies kann beispielsweise in durch Kästchen 22a bzw. 22d symbolisierten Registern geschehen. Werden für mehrere bzw. alle Bremsen eines Fahrzeugs einzeln die Bremszylinderdrücke  $p_z$  ermittelt, können sich unterschiedliche Werte ergeben, da gegebenenfalls unterschiedliche Ansteuersignale 14 an die jeweiligen Räder ausgegeben werden.

Zur Klarstellung sei angemerkt, daß der Bremszylinderdruck  $p_z$  für ein bestimmtes Rad eines Fahrzeugs bezugnehmend auf das Ansteuersignal 14 für eben dieses Rad des Fahrzeugs ermittelt wird. Dieses Ansteuersignal 14 für ein Rad kann, wie schon weiter oben erläutert, mehrere Signale umfassen, insbesondere Ansteuersignale für ein Auslaßventil 7a und ein Einlaßventil 7b. Diese Signale können zur Auswahl von gespeicherten Werten im Register 24 dienen oder zur Bestimmung eines Arbeitspunkts auf einer Kennlinie.

Wenn der Bremsdruck  $p_z$  in einem, mehreren oder allen Rädern eines Fahrzeugs bestimmt ist, können diese Werte für verschiedene weitere Funktionen verwendet werden. Fig. 3 zeigt schematisch eine Gesamtübersicht der möglichen bzw. notwendigen Funktionen. 31 bezeichnet die Signalaufnahme und betrifft insbesondere die Bewertung der Ansteuersignale 14 sowie gegebenenfalls des Signals 15 des Drucks  $p_A$  in der Druckaufbaueinrichtung 1. 32 bezeichnet die Initialisierung zu Beginn des Verfahrens, insbesondere zu Beginn des Eingreifens beispielsweise von ABS. Hierbei kann der durch die Erfassungseinrichtung 11 erfaßte Wert für den Druck  $p_A$  in der Druckaufbaueinrichtung 1 als An-

fangswert für den/die Drücke  $p_z$  in dem/den Bremszylindern 8 gesetzt werden. 33 bezeichnet dann die Fortbildung der bereits vorhandenen Werte durch eines der oben beschriebenen Verfahren. Vorzugsweise werden im Vorgang 33 mehrere bzw. alle Bremszylinderdrücke  $p_z$  im Fahrzeug ermittelt.

An Vorgang 33 kann sich Vorgang 34 anschließen. Es handelt sich um ein Giermomentbeeinflussungsverfahren. Vorgang 33 kann beispielsweise ergeben, daß die Bremsdrücke  $p_z$  der linken Räder aus bestimmten Gründen wesentlich höher sind als die Bremsdrücke an den rechten Rädern. Dies hat üblicherweise auch eine höhere Bremskraft an den linken Rädern als an den rechten Rädern zur Folge. Dies führt zu einem Drehmoment um die Hochachse des Fahrzeugs (Giermoment), im gewählten Beispiel wäre es, von oben gesehen, ein gegen die Uhrzeigerrichtung gerichtetes Drehmoment. Dies kann die Fahrstabilität verschlechtern, und eine Abhilfe kann sein, den Bremsdruck über Ansteuersignal 14 und Ventile 15 auf der Hochdruckseite (im Beispiel links) abzubauen oder auf der Niederdruckseite (im Beispiel rechts) aufzubauen. Dadurch nimmt das Giermoment ab und die Fahrstabilität zu.

35 bezeichnet einen Vorgang zur Beeinflussung des Druckaufbaus. Wenn ein automatisches Bremsbeeinflussungsverfahren eingreift, kann bezugnehmend auf die Bremszylinderdrücke  $p_z$  der Druckaufbau in vorteilhafter Weise beeinflußt werden. So kann beispielsweise vermieden werden, daß durch zu schnellen Druckaufbau die Räder zu schnell in einen instabilen Zustand gelangen. Durch starkes Übersteuern des Systems kann es zu großen Schlupfeinläufen kommen, die einen negativen Einfluß auf die Fahrstabilität, auf Komfort und Bremsleistung haben. Unter "instabil" wird hierbei ein Zustand in der Nähe des Blockierens bzw. im Bereich großen Schlupfs (z. B. größer 5, 10 oder 15%) verstanden. Der Druckaufbau kann dann in geeigneter Weise vorgenommen werden.

Vorgang 36 symbolisiert ein Verfahren zur Berechnung eines Reibwerts zwischen einem Rad und der Fahrbahn. Hierbei wird davon ausgegangen, daß zum einen der Bremszylinderdruck  $p_z$  fahrzeugspezifisch einer bestimmten Verzögerung des Fahrzeugs entspricht, wobei diese Verzögerung im Grenzfall (Rad in der Nähe des Blockierens, dies entspricht dem obengenannten instabilen Zustand) dem Reibwert entspricht. In diesem Grenzfall gilt an einem Rad:

$$F_v = F_N \cdot \mu = m \cdot g \cdot \ddot{a} = m \cdot a \quad (5)$$

oder umgestellt

$$\mu = \frac{a}{g} \quad (6)$$

wobei  $F_v$  die verzögernde Kraft an einem Rad ist,  $F_N$  die Normalkraft an diesem Rad,  $\mu$  der Reibwert zwischen Rad und Fahrbahn, in die von diesem Rad auf gefangene Masse,  $g$  die Erdbeschleunigung und  $a$  die Fahrzeugverzögerung. Kurz gesagt entspricht also der Reibwert  $\mu$  der normalisierten Fahrzeugverzögerung.

Über die obigen Zusammenhänge kann somit im Grenzfall (Rad kurz vor dem Blockieren bzw. Eingriff von ABS) der Reibwert für die davon betroffenen Räder bestimmt werden. Da darüber hinaus fahrzeugspezifisch die Fahrzeugverzögerung einem bestimmten Bremsdruck entspricht, kann zur Bestimmung des Reibwerts anstelle der Fahrzeugverzögerung  $a$  auch der Bremsdruck an einem Rad im Grenzbereich (kurz vor dem Blockieren bzw. ABS-geregelt) verwendet werden.

Werden ungünstige, insbesondere niedrige Reibwerte festgestellt, können weitere Maßnahmen veranlaßt werden,

beispielsweise Ausgeben eines Warnsignals, Beeinflussung der Ansteuersignale 14, usw.

Die zur Reibwertbestimmung heranzuhaltenden Bremszylinderdrücke  $p_z$  können gemäß den obigen Verfahren bestimmt werden. Das beschriebene Verfahren zur Bestimmung des Reibwerts hängt aber nicht davon ab, daß eines dieser Verfahren verwendet wird. So sind prinzipiell auch andere Verfahren zur Bremsdruckbestimmung geeignet, um einen Bremszylinderdruck  $p_z$  zu bestimmen, anhand dessen der Reibwert bestimmt werden kann.

Wenn insbesondere bei Kurvenfahrt ungünstige Reibwertverteilungen zwischen linken und rechten Rädern festgestellt werden ("μ-split-Fahrbahn"), können geeignete Maßnahmen getroffen werden. Dies betrifft insbesondere den Fall, daß bei Kurvenfahrt die Fahrbahn kurvenaußen vereist ist. Dann ist außen der Reibwert gering, obwohl dort wegen der Zentrifugalkraft und des daraus folgenden Rollmoments die aufgefangene Fahrzeugmasse größer ist. Es käme zu hohen Drücken an den kurveninneren gelegenen Bremsen und zu niedrigen kurvenaußen. Dies führt zu einem hohen kurveneinwärts gerichteten Giermoment um die Hochachse. Eine Abhilfe kann die Absenkung des Bremsdrucks an den kurveninnenseitigen Bremsen sein. Dies ist durch Vorgang 37 angedeutet.

Die beschriebenen Verfahren können durch geeignet programmierte Steuervorrichtungen implementiert werden. Inwieweit dabei Hardware, insbesondere CPUs, parallel vorgesehen sind, hängt von den verfügbaren Rechnerleistungen, anfallenden Datenmengen und geforderten Reaktionszeiten und -genauigkeiten ab.

Die beschriebenen Verfahren und Vorrichtungen zum Ermitteln des Bremszylinderdrucks haben den Vorteil, daß die jeweiligen Bremszylinderdrücke  $p_z$  ohne zusätzlichen Hardwareaufwand ermittelt werden können. Insbesondere sind keine Drucksensoren an den jeweiligen Bremszylindern 8 notwendig. Dadurch erspart man sich merklich Kosten betreffend Sensorik und Verkabelung; das Gewicht wird reduziert. Die sicherheitsrelevanten Bremszylinder müssen nicht zusätzlich so ausgelegt werden, daß sie Sensoren zur Druckbestimmung aufnehmen können.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Ermitteln des Bremszylinderdrucks in einem Bremszylinder einer Bremsanlage, die mit einer Druckaufbaueinrichtung versehen ist, die den Bremszylinder mit unter Druck stehendem Hydraulikfluid versorgt, wobei der Druck im Bremszylinder durch Ansteuersignale beeinflußt werden kann, mit den Schritten

– Ermitteln des Druck in der Druckaufbaueinrichtung,

gekennzeichnet durch den Schritt

– Ermitteln des Drucks im Bremszylinder bezugnehmend auf den Druck in der Druckaufbaueinrichtung und auf die Ansteuersignale zur Beeinflussung des Drucks im Bremszylinder.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck in der Druckaufbaueinrichtung als Anfangswert für den Bremszylinderdruck genommen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Bremszylinderdruck nach Maßgabe eines Druckaufbau- und/oder Druckabbaukennwerts ermittelt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Druckaufbau- und/oder Druckabbaukennwert einen Druckaufbau- und/oder Druckabaugra-

dienten umfaßt.

5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Druckaufbau- und/oder Druckabbaukennwert eine Druckaufbau- und/oder Druckabbaukennlinie umfaßt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Druckaufbaukennwert nach Maßgabe des ermittelten Bremszylinderdrucks und des Drucks in der Druckaufbaueinrichtung ermittelt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Druckabbaukennwert nach Maßgabe des ermittelten Bremszylinderdrucks ermittelt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Bremszylinderdruck ermittelt wird, wenn ein automatischer Eingriff ins Bremssystem erfolgt.

9. Verfahren zum Ermitteln des Reibwerts zwischen einem, mehreren oder allen Rädern eines Fahrzeugs und der Fahrbahn, mit den Schritten

- Ermitteln des bzw. der individuellen Bremszylinderdrücke in einem, mehreren oder allen Bremszylindern eines Fahrzeugs, vorzugsweise nach einem der Ansprüche 1 bis 8,

- daraus Ermitteln der Fahrzeugverzögerung, und

- ~~daraus Ermitteln des bzw. der Reibwerte, so bald eine Instabilität an einem betrachteten Rad festgestellt wird.~~

10. Brems-Assistenzverfahren, mit den Schritten

- Ermitteln eines kritischen Fahrzustandes eines Fahrzeugs, und

- Beeinflussen der Bremsanlage, wenn ein kritischer Fahrzustand festgestellt wird,

- dadurch gekennzeichnet, daß

- der bzw. die Reibwerte zwischen einem, mehreren oder allen Rädern und der Fahrbahn, vorzugsweise nach Anspruch 9 ermittelt werden, und

- dann, wenn kritische Reibwerte oder Reibwertverteilungen zwischen den Rädern festgestellt werden, die Beeinflussung der Bremsanlage modifiziert wird.

11. Vorrichtung zum Ermitteln des Bremszylinderdrucks ( $p_z$ ) in einem Bremszylinder (8) einer Bremsanlage, die mit einer Druckaufbaueinrichtung (1) versehen ist, die den Bremszylinder (8) mit unter Druck stehendem Hydraulikfluid versorgt, wobei der Druck im Bremszylinder (8) durch Ansteuersignale (14) beeinflußt werden kann, mit einer Einrichtung (11) zum Ermitteln des Drucks ( $p_A$ ) in der Druckaufbaueinrichtung (1), gekennzeichnet durch eine Einrichtung (12) zum Ermitteln des Drucks im Bremszylinder (8) bezugnehmend auf den Druck ( $p_A$ ) in der Druckaufbaueinrichtung und auf die Ansteuersignale (14) zur Beeinflussung des Drucks ( $p_z$ ) im Bremszylinder (8).

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, gekennzeichnet durch eine Einrichtung (21, 22), die den Druck ( $p_A$ ) in der Druckaufbaueinrichtung (1) als Anfangswert für den Bremszylinderdruck ( $p_z$ ) setzt.

13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, gekennzeichnet durch eine Einrichtung (24) zum Halten eines Druckaufbau- und/oder Druckabbaukennwerts und eine Einrichtung (21) zum Ermitteln des Bremszylinderdrucks ( $p_z$ ) nach Maßgabe des gehaltenen Werts.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Halteeinrichtung (24) einen Druckaufbau- und/oder Druckabbaugradienten hält.

15. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Halteeinrichtung (24) eine Druckaufbau- und/oder Druckabbaukennlinie hält.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 15, gekennzeichnet durch eine Einrichtung, die den Druckaufbaukennwert nach Maßgabe des ermittelten Bremszylinderdrucks ( $p_z$ ) und des Drucks ( $p_A$ ) in der Druckaufbaueinrichtung (1) ermittelt.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 16, gekennzeichnet durch eine Einrichtung (21), die den Druckabbaukennwert nach Maßgabe des ermittelten Bremszylinderdrucks ( $p_z$ ) ermittelt.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß sie erst arbeitet, wenn ein automatischer Eingriff ins Bremssystem erfolgt.

19. Vorrichtung zum Ermitteln des Reibwerts zwischen einem, mehreren oder allen Rädern (9) eines Fahrzeugs und der Fahrbahn, mit

- einer Einrichtung (12) zum Ermitteln des bzw. der individuellen Bremszylinderdrücke ( $p_z$ ) in einem, mehreren oder allen Bremszylindern (8) eines Fahrzeugs, vorzugsweise nach einem der Ansprüche 1 bis 8,

- einer Einrichtung (36), die daraus die Fahrzeugverzögerung ermittelt, und

- einer Einrichtung (36), die daraus den bzw. die Reibwerte ( $\mu$ ) ermittelt, sobald eine Instabilität an einem betrachteten Rad (9) festgestellt wird.

20. Brems-Assistenzverfahren, mit

- einer Einrichtung (23) zum Ermitteln eines kritischen Fahrzustandes eines Fahrzeugs, und

- einer Einrichtung (23, 14, 7) zum Beeinflussen der Bremsanlage, wenn ein kritischer Fahrzustand festgestellt wird,

gekennzeichnet durch

- eine Einrichtung (36) zum Ermitteln des bzw. der Reibwerte ( $\mu$ ) zwischen einem, mehreren oder allen Rädern (9) und der Fahrbahn, vorzugsweise nach Anspruch 9, und

- eine Einrichtung (23), die dann, wenn kritische Reibwerte ( $\mu$ ) oder Reibwertverteilungen zwischen den Rädern (9) festgestellt werden, die Beeinflussung der Bremsanlage modifiziert.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

**- Leerseite -**

Fig. 1

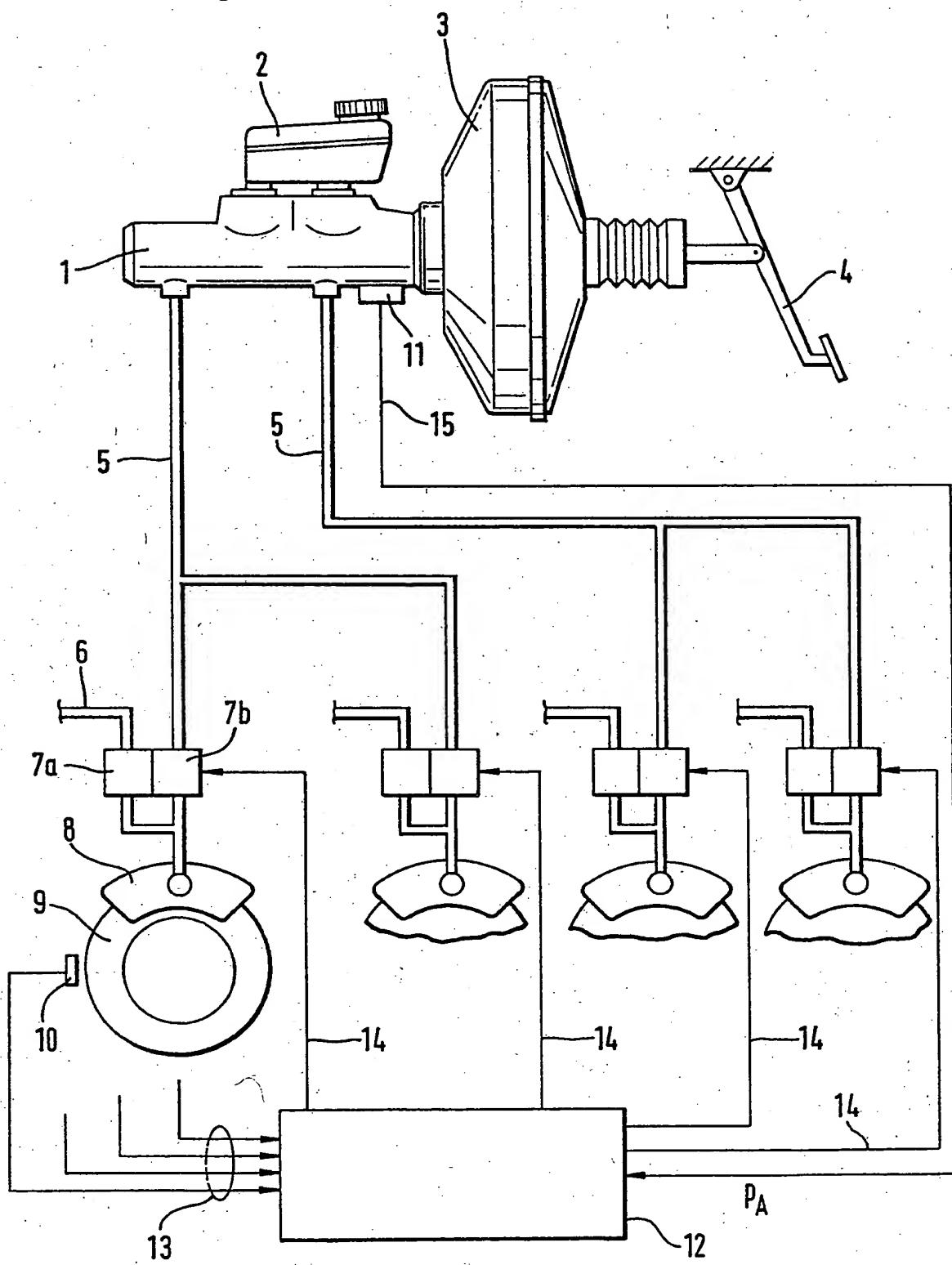


Fig. 2

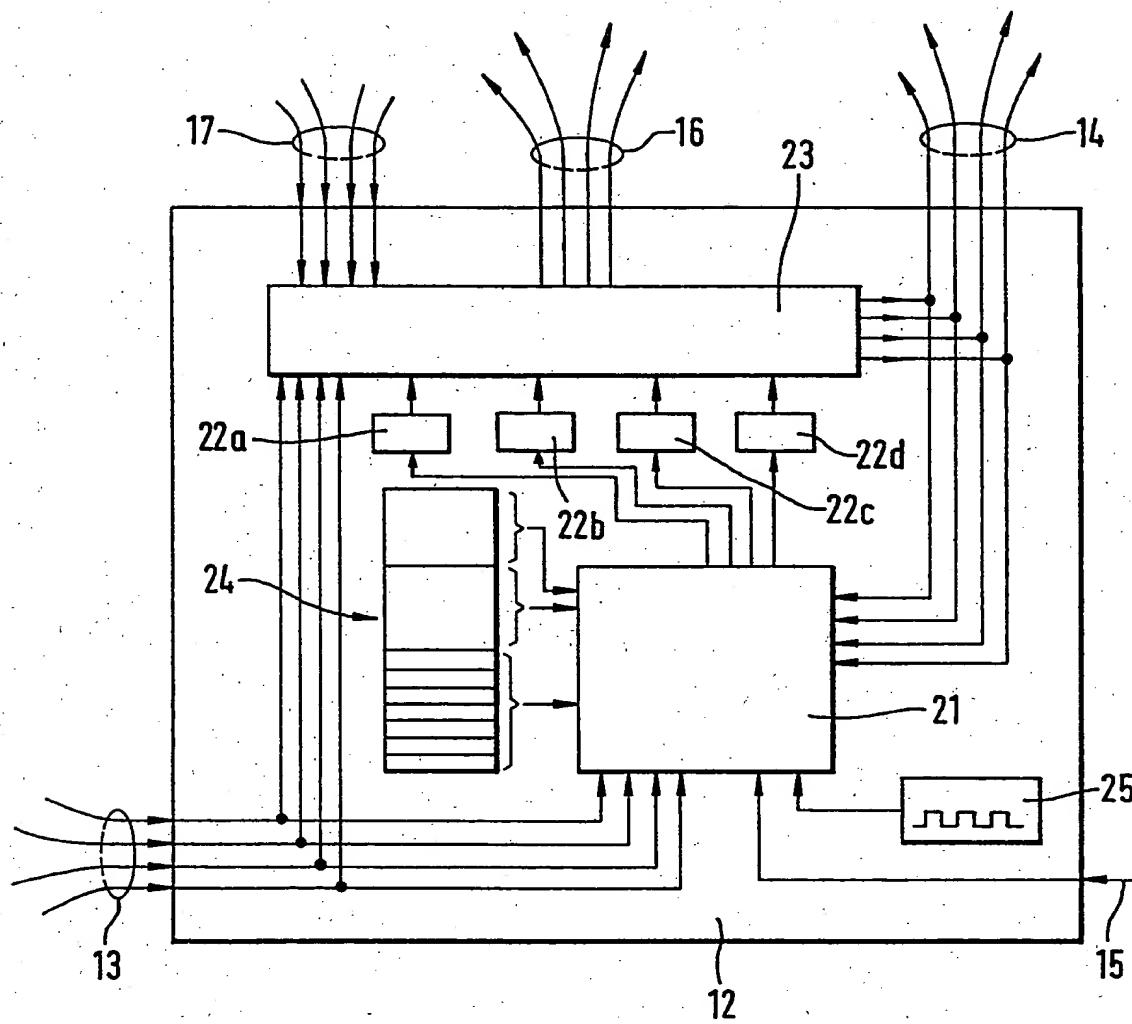


Fig. 3

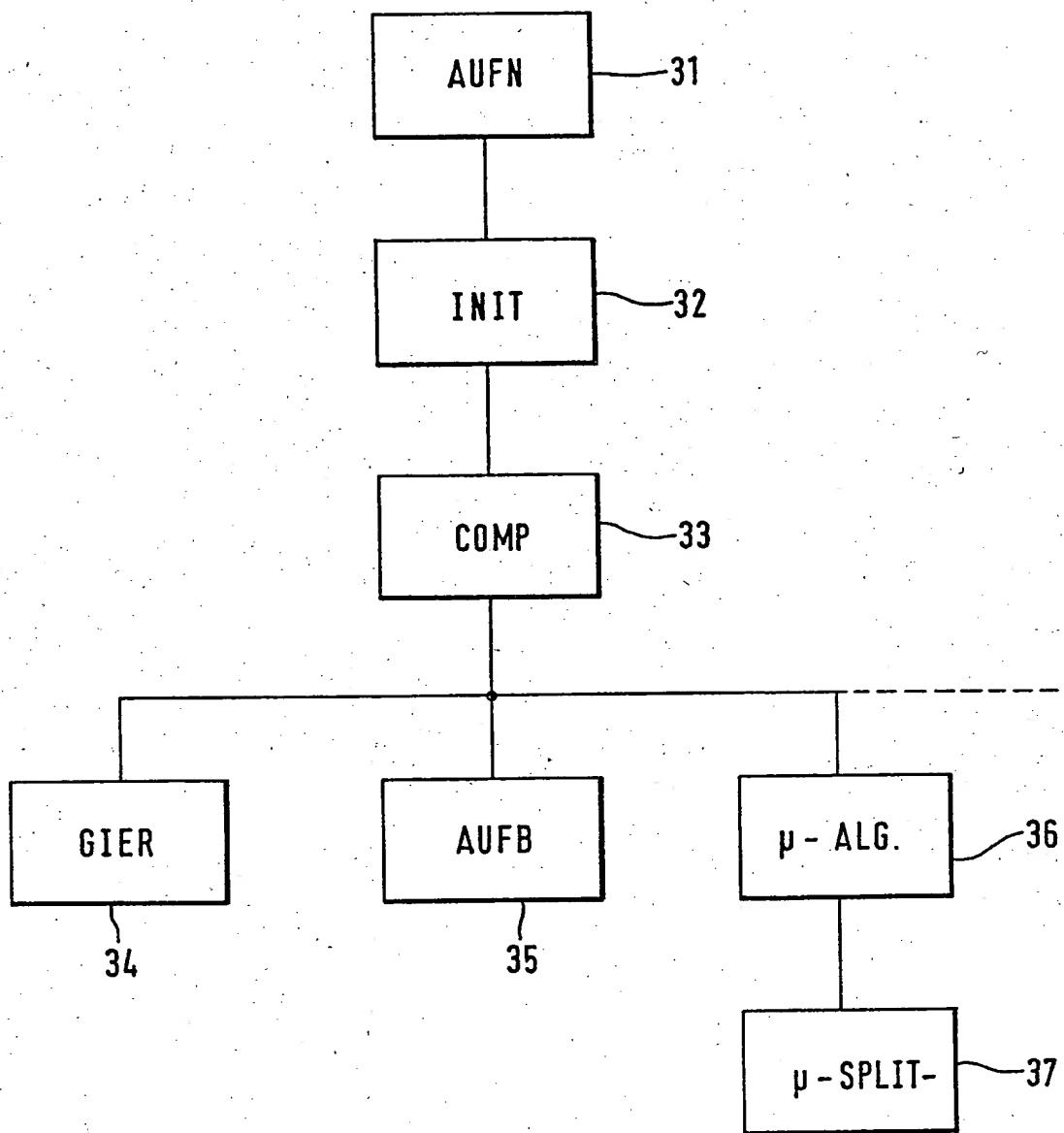


Fig. 4

